

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Биоминерализация

Авторы-составители: акад. РАН Лопатин А.В., Фелькер А.С.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*)

Год (годы) приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Биоминерализация» является получение общих представлений о биологической минерализации как о результате взаимодействия живой и неживой природы в ходе их коэволюции.

Задачи

- формирование знаний о типах биоминерализации;
- знакомство с процессами и закономерностями образования минералов живыми организмами; со значением биоминерализации для эволюции собственно организмов;
- оценка влияния биоминерализации на изменение неорганической среды, характера и темпов осадконакопления, миграцию элементов в гидросфере и литосфере, на изменения климата и других параметров среды.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Биоминерализация» посвящен знакомству студентов с процессами и закономерностями образования минералов живыми организмами как интегрального взаимодействия живой и неживой природы, с возможностями использования микроструктурного выражения этого процесса в систематике и классификации организмов разного эволюционного уровня, со значением этого процесса для эволюции биологического мира и для преобразования неорганической среды, и с возможностями его применения в медицине и нанотехнологиях.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является профессиональной дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Освоение дисциплин «Палеоэкология», «Палеонтология», «Эволюция биосферы».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач.	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	Знать: основные типы биоминерализации, их подразделение по минеральному составу, по микроструктурному выражению, их распространение по группам биологического мира, отличия биоинералов от минералов неорганического происхождения, значение различных типов биоинерализации в геохимическом кругообороте различных элементов в гидросфере и земной коре в настоящем и прошлом; Уметь: различать типы биоинерализации: индуцируемую, контролируруемую, провоцируемую, по микроструктурным особенностям скелетных и нескелетных биологических образований, определять функциональное значение различных биоинералов;

(СПК-1.Б) Способен решать научные и практические задачи на основе углубленных знаний в области региональной геологии, геотектоники и геодинамики, литологии и морской геологии, палеонтологии, геологии полезных ископаемых.	Б.СПК-1. И-5. Использует и применяет углубленные знания в области палеонтологии при решении научных и практических задач	Владеть: навыками и приемами изучения микроструктуры органических остатков с помощью световой и электронной оптики.
---	---	--

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., в том числе 22 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), 14 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>		Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия лекционного типа	Всего	Подготовка рефератов	Тестирования	Устные опросы	Всего
Раздел 1. Введение: понятие биологической минерализации (биоминерализации)	4	2	2		2		2
Раздел 2. Типы биоминерализации. Биохимические основы биоминерализации	6	4	4	1		1	2
Раздел 3. Биоминералы. Разнообразие и распространённость	6	4	4		2		2

Раздел 4. Строматолитообразование. Металлогенные бактерии.	4.	6	4	4	1		1	2
Раздел 5. Контролируемая биоминерализация. Микроструктурные особенности биоминералов. Провоцируемая биоминерализация и органоминерализация		6	4	4		2		2
Раздел 6. Функции и значение биоминералов		6	4	4	1		1	2
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>		2	<i>Устный зачет</i>					
Итого		36	22		14			

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение: понятие биологической минерализации (биоминерализации).

Понятие о биологической минерализации (биоминерализации) как процессе образования минералов живыми организмами и как междисциплинарного раздела науки, использующего данные химии, биохимии, геохимии, минералогии, биологии, геологии и палеонтологии. Биоминерализация как закономерный результат коэволюции биологического и минерального мира, живой и неживой природы, создание «второго» минерального мира.

Раздел 2. Типы биоминерализации. Биохимические основы биоминерализации.

Типы биоминерализации: индуцируемая, контролируемая, провоцируемая. Сайты биоминералообразования: внеклеточная, межклеточная, внутриклеточная и тканевая биоминерализация. Биохимические и генетические основы биоминерализации. Значение и разнообразие органических матриц, участвующих в процессе биоминерализации.

Раздел 3. Биоминералы. Разнообразие и распространённость.

Разнообразие минеральных видов, синтезируемых организмами. Отличия биоминералов от минералов, образованных неорганическим путем. Распространенность биоминералов в биологическом мире по царствам и систематическим группам. Распространенность биоминералов и типов биоминерализации по типам и классам органического мира. Преобладание индуцируемой биоминерализации у примитивных групп и контролируемой у продвинутых. Эволюция биоминерализации.

Раздел 4. Строматолитообразование. Металлогенные бактерии.

Строматолитообразование как пример прокариотной индуцируемой карбонатной минерализации. Современные строматолитообразователи. Значение цианобактерий в преобразовании окружающей среды в геологическом прошлом. Металлогенные бактерии в прошлом и настоящем. Бактериальное рудообразование в черных и белых курильщиках.

Раздел 5. Контролируемая биоминерализация. Микроструктурные особенности биоминералов. Провоцируемая биоминерализация и органоминерализация.

Контролируемая биоминерализация. Кремневая, магнетитовая, фосфатная, карбонатная биоминерализация. Распространение в природе и связь с эволюционным уровнем организмов. Микроструктурные особенности биоминералов разного типа. Значение микроструктуры скелета для систематики и классификации различных групп. Эволюция микроструктуры на примере скелета моллюсков. Провоцируемая биоминерализация. Минерализация на основе органических остатков мертвых организмов как фактор, способствующий сохранению мягкотелых организмов в геологическом прошлом. Образование лагерштеттов. Другие типы биоминерализации: биоэрозия –

разрушение и переотложение минералов за счет бактериальной активности по типу индуцируемой биоминерализации.

Раздел 6. Функции и значение биоминералов.

Функции биоминералов в живых организмах. Значение биоминерализации в эволюции органического мира. Биоминерализованные части и органы живых существ несут разнообразные функции: формообразующая, защитные, опорные, ориентации в поле гравитации и магнитном поле, восприятия света, депонирования некоторых жизненно важных элементов. Интеграция процесса биоминерализации как закономерного результата взаимодействия организмов с окружающей средой и первоначально независимого процесса формирования органического скелета привела к ускорению биологического прогресса и эволюции органического мира. Кембрийский эволюционный взрыв. Продукты биоминерализации послужили основой для разработки методов палеомагнетизма (бактериальный магнетит), палеотермометрии (биогенный карбонат и фосфат). Принципы биоминерализации применяются в ортопедии и во многих отраслях нанотехнологий.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при контрольных письменных тестированиях и устных опросах, а также сдачей рефератов. По итогам обучения в 8-м семестре во время зачетной сессии проводится зачет.

Примерный перечень вопросов для проведения устных опросов:

1. Биологическая минерализация. Основные понятия.
2. Типы биоминерализации.
3. Разнообразие минеральных видов, синтезируемых организмами. Своеобразие биоминералов
4. Биоминерализация у прокариот.
5. Контролируемая биоминерализация и ее микроструктурное выражение.
6. Значение органических матриц в биоминерализации.
7. Значение биоминерализации для исследований в области геологии и других областей науки и применения в медицине и технике.
8. Образование лагерьштеттов.
9. Функции биоминералов в живых организмах.
10. Значение биоминерализации в эволюции органического мира.

Примерный перечень вопросов для проведения тестирования:

1. Что такое биоминерализация?
2. Назовите объект изучения биоминерализации и дайте им определения.
3. Какие типы биоминерализации существуют? От чего они зависят?
4. Назовите самые распространенные биоминералы. В каких группах организмов они наиболее распространены?
5. Что такое сайт биоминерализации? Какую роль он играет в процессе образования биоминералов?
6. Проявляется ли индуцируемая минерализация у многоклеточных? Приведите примеры этого процесса.
7. Что такое скелет с точки зрения биоминерализации?
8. Назовите и опишите уровни организации скелета радиолярий.
9. Что входит в состав органического матрикса, задействованного в процессе биоминерализации?

10. Какой биоминерал присутствует в радуле хитона? Опишите процесс его образования и функции в организме.

Примерные темы рефератов:

1. Распространение современных строматолитов. Микроструктурные особенности строения строматолитов.
2. Типы микроструктур раковины моллюсков и их систематическое значение.
3. Типы микроструктур раковины брахиопод и их систематическое значение.
4. Распространение биоминералов в природе и связь с эволюционным уровнем организмов.
5. Функции биоминералов. Значение биоминерализации в биосфере.
6. Практическое применение исследований по биоминерализации.
7. Особенности контролируемой биоминерализации у диатомовых водорослей.
8. Магнетитовая биоминерализация: от бактерий до многоклеточных.
9. История исследования патогенных биоминералов.
10. Накопление биоминералов в статолитах беспозвоночных.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Понятие о биологической минерализации.
2. Типы биоминерализации.
3. Сайты биоминералообразования
4. Объяснить понятия: внеклеточная, межклеточная, внутриклеточная и тканевая биоминерализация.
5. Биохимические и генетические основы биоминерализации.
6. Значение и разнообразие органических матриц, участвующих в процессе биоминерализации.
7. Разнообразие минеральных видов.
8. Отличия биоминералов от минералов, образованных неорганическим путем.
9. Распространенность биоминералов в биологическом мире по царствам и систематическим группам.
10. Эволюция биоминерализации.
11. Современные строматолитообразователи.
12. Значение цианобактерий в преобразовании окружающей среды в геологическом прошлом.
13. Металлогенные бактерии в прошлом и настоящем.
14. Бактериальное рудообразование в черных и белых курильщиках.
15. Контролируемая биоминерализация.
16. Распространение в природе и связь с эволюционным уровнем организмов.
17. Микроструктурные особенности биоминералов разного типа.
18. Значение микроструктуры скелета для систематики и классификации различных групп.
19. Эволюция микроструктуры на примере скелета моллюсков.
20. Провоцируемая биоминерализация.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения,	Незачет	Зачет
------------------------------	----------------	--------------

<i>соответствующие виды оценочных средств</i>		
Знания основных типах биоминерализации, их подразделениях по минеральному составу, по микроструктурному выражению, их распространение по группам биологического мира, отличия биоминералов от минералов неорганического происхождения, значение различных типов биоминерализации в геохимическом кругообороте различных элементов в гидросфере и земной коре в настоящем и прошлом (<i>устный опрос, реферат</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения различать типы биоминерализации: индуцируемую, контролируруемую, провоцируемую по микроструктурным особенностям скелетных и нескелетных биологических образований, определять функциональное значение различных биоминералов (<i>устный опрос</i>)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Владения приемами изучения микроструктуры органических остатков с помощью световой и электронной оптики (<i>устный опрос, реферат</i>)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Кораго А.А. Введение в биоминералогию. Спб.: Недра, 1992. 279 с.
2. Стратиграфический кодекс России. Изд. 3-е. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006.
3. Bengtson S. The advent of animal skeletons // Early Life on Earth / Ed. S. Bengtson. New York, Columbia Univ. Press, 1994. P. 412–425.
4. Brasier M.D. Why do lower plants and animals biomineralize? // Paleobiol. 1986. V. 12. P. 241–250.

5. Kouchinsky A.V., Bengtson S., Runnegar B. et al. Chronology of Early Cambrian biomineralization // *Geol Mag.* 2012. V. 149. № 2. P. 221–251.

— **дополнительная литература:**

1. Жирков И.А. Жизнь на дне. Био-география и био-экология бентоса. М.: Т-во научных изданий КМК. 2010. 453 с., 245 илл. 16 табл., 105 врезок, 891 лит.
2. Барсков И.С. Биохимические и микроструктурные методы в палеонтологии // *Итоги науки техники. Стратиграфия. Палеонтология.* Т.6. 1975. М. ВИНТИ.
2. Cuif J.P., Dauphin Y., Sorauf Y.E. *Biomaterials and fossils through time.* Cambridge University Press, 2011, 490 p.
3. Lowenstam H. A., Weiner S. *On Biomineralization.* Oxford University Press, New York, 1989. 89 p.
4. Mann S. *Handbook of Biomineralization.* Willey, 2007. 416 p.
5. Murdock D.J.E. The biomineralization toolkit and the origin of animal skeletons // *Biol. Rev.* 2020. P. 1–21.
6. Porter S. The rise of predators // *Geology.* 2011. V. 39. № 6. P. 607–608.
7. Vendrasco M.J., Porter S.M., Kouchinsky A.V. et al. Shell microstructures in early mollusks // *The Festivus.* 2010b. V. 42. № 4. P. 43–54.
8. Wood R.A. Paleocology of the earliest skeletal metazoan communities: implications for early biomineralization // *Earth-Sci. Rev.* 2011. V. 106. P. 184–190.
9. Zhuravlev A.X., Wood R. Eve of biomineralization: controls on skeletal mineralogy. *Geology.* 2008. P. 923–926.
10. Zhuravlev A.Yu., Wood R.A. The two phases of the Cambrian Explosion // *Sci. Rep.* 2018. V. 8. № 16656. P. 1–10.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

не требуется

- нелицензионное и свободного доступа

пакет программ Open Office, любые свободно распространяющиеся программы, требующиеся для освоения дисциплины.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

не требуется

Г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы: рекомендуется пользоваться материалами публикаций по палеонтологии и биоминерализации в международных журналах (сайты sciencedirect.com; jstor.com), а также размещенными на сайтах macroevolution.narod.ru, jurassic.ru (подписка на sciencedirect.com, jstor.com) и в поисковых системах.

Д) Материально-техническое обеспечение:

Учебная аудитория, рассчитанная на группу из 10 учащихся, оборудованная мультимедийным проектором и компьютером, экран, выход в Интернет.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Ответственный за курс – акад. РАН Лопатин А.В. (заведующий кафедрой палеонтологии); преподаватели: Лопатин А.В., Фелькер А.С. (м.н.с. ПИН РАН).

11. Разработчики программы: – Лопатин А.В., Фелькер А.С.